

氏名	いけもと しげる 池元 茂
学位(専攻分野)	博士(学術)
学位記番号	博甲第926号
学位授与の日付	平成31年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 先端ファイブプロ科学専攻
学位論文題目	自動車修理板金塗装における熟練技術者の技能に関する研究
審査委員	(主査)教授 桑原教彰 教授 芳田哲也 准教授 来田宣幸

論文内容の要旨

自動車が事故等によってボディが変形や損傷した際、修理は板金塗装と呼ばれるボディワークを専門に修理する技術者が行う。板金塗装は大きく分けて、ボディの形状を復元させる板金作業、そして、復元したボディを再度塗り直す塗装作業で成り立っている。自動車の損傷は2つとして同じケースは無く、マニュアル化、自動化が難しい。個別の対応が必要となるため、技術者には臨機応変に対応できる技能が求められる。すなわち熟練した技術者が培ってきた数多くの経験と、その経験から得られた各技術者に内在するコツやカンといったものに支えられている。

現在、日本では自動車整備士や自動車修理業に就く若者が激減している。板金塗装の技能習得手法は伝統産業などによく見られる徒弟制度が一般的で、熟練技術者の仕事ぶりを見ながら技を盗むのが今までのやり方であった。しかしながら技能の習得に時間を要すること、徒弟関係が色濃く残っていることが要因と考えられる。同時に、作業従事者の高齢化が進展しており、業界を支える人材不足が顕在化する可能性が高い。

本研究では板金、塗装、それぞれにおいて、熟練技術者の作業手順や動きを定量的に明らかにし、技能習得に繋がる教示手法を提案する。板金ではハンマーと当て盤を用いた打ち出し板金、塗装ではスプレーガンを用いた上塗り塗装の作業を解析対象とした。

本論文は7章からなる。第2章と第3章は板金について、第4章と第5章は塗装についての技術解析結果となる。以下に各章の内容について簡潔に記述する。

第1章は、板金塗装の仕事の概要、作業手順を簡素にまとめ、板金塗装業界における技術の遷移や問題点について概説した。

第2章は、板金作業において、道具の使用状況、作業の時間配分、各道具の使用時間、打刻位置の推移を解明し、仕上がった形状の測定結果から、作業工程設計に関しての解析を行った。熟練者は作業時間が短く、少ない打刻回数で修理を完了し、確認作業に時間を割いていることがわかった。打刻手順において、熟練者、非熟練者ともに作業の開始直後の打刻位置は同じでも、熟練者には修理プロセスに3つのパターンがあることがわかった。また仕上がりにおいては、熟練者はプレスラインおよびプレスライン上部を変形前の水準で復元していた。

第3章は、第2章と同じ実験から、ハンマーと当て盤の適切な扱い方の解明を図ることを目的とし、作業時におけるハンマー振り上げ距離、軌跡、打刻時にハンマーを握る腕の脇、肘の角度

変化を、三次元動作解析装置を用いて計測した。また、当て盤の扱いを、把持する手、指に把持力計を付けて計測し、検証を試みた。熟練者は作業中、脇、肘の角度を固定し、ハンマーの柄の下部をほとんど動かさず、且つ、直線的と弧を描くような2種類の槌の動かし方を使い分けていたことがわかった。また、連続した打刻において、ハンマーの頭頂部の軌跡から、弧を描くような周期的な動きをすることが確認できた。ドリリーについては、熟練者は中指と手の平で当て盤を把持する傾向が見られた。

第4章は、塗装作業時におけるスプレーガンの動きに着目をした。スプレーガンの動かし方については、既に一定のマニュアルが書かれた書籍や参考となる資料が存在するため、既出の技術マニュアルと比較、検証することで技能を明確化した。その結果、熟練者はスプレーガンの往復回数が多く、スプレーガンとドアの距離を約0.21mにして塗装を行っていた。また、熟練者はスプレーガンをより速く運行しつつも、ドア端部では丁寧に作業を行うために速度を落としていた。吹き付けの始めはドア上端よりも少し上から、吹き付けの終わりはドア下端より少し下からであった。さらに、作業を横から見たyz平面においてはドア上部、中央部、下部のそれぞれの部位において、ドアの面に垂直に塗料が吹き付けられるように、スプレーガンのノズルの向きを変化させていることがわかった。

第5章は、スプレーガンだけでなく、塗装時の体の動きを解析したものとなる。塗装時の姿勢、スプレーガンを握る腕の脇、肘の角度、立ち位置に加え、第4章で得られた結果も踏まえて、塗料の吐出量を調整するスプレーガンの引き金へ負荷した力の変化を計測した。加えて、塗布したパネルの膜厚測定を実施し、パネル全体を均一に塗れているか評価した。結果として、熟練者はドアと体の距離を約1mとり、脇を閉め、肘を曲げて塗装を行っていた。また、熟練者はスプレーガンの引き金を引く力を強くしつつも、ドア端部では引き金を引く力を弱めていた。熟練者のこのような動作により、熟練者が仕上げたドアパネルの塗膜は非熟練者よりも均一な厚みであった。

第6章は、若手技術者の技術習得支援のための自習支援システムの構築を目的とし、第4章、第5章で得られた塗装実験の動作解析データを用いて、eラーニング教材の作成・公開を行い、視聴者動向の分析を行った。公開したeラーニング教材は一定数のリピーターを確保し、教材としての効果に可能性を見出すことができた。同時に教材再生時間の短縮化など、いくつかの課題も浮き彫りとなった。

第7章は、各章で得られた結論をまとめる。

論文審査の結果の要旨

申請者は自動車修理工としての長年の経験から、その技術継承に関して強い危機感を抱き、自らが自動車修理に関する技術の形式知化の研究に取り組んだ。そして、その成果を学術誌で発表するだけに留まらず eラーニングコンテンツとして社会に還元した。これは社会でまさに、これからの大学や博士に求められる役割を体現したものである。

本研究はまず、自動車修理での板金修理、塗装について熟練技術者の動作解析を行うことで、その身体知・暗黙知の形式知化を試みた。様々な分野で身体知・暗黙知の形式知化の研究は行わ

れているが、自動車体の板金修理、塗装が対象の研究はこれまでにない。また本研究では形式知化された研究結果を用い、自動車修理技術者や自動車技術の出版社と共同で塗装技術に関する e-ラーニングコンテンツを制作し、出版社が運営するインターネット配信サービスから全国の自動車修理の技術者に配信した。配信に先立って出版社の審査により、e-ラーニングコンテンツとして十分な品質であることは担保されている。その後コンテンツへのアクセス履歴を分析したところ一定数の視聴者を獲得し、かつまたリピーター視聴者も存在することが判明したことで、コンテンツが有効活用されていることを確認した。以上のことから本研究の新規性、有用性は十分に認められ、学位授与に値すると考える。

本論文の内容は、査読システムが確立されている学術誌に掲載された以下の 2 報に報告されている。いずれも申請者が筆頭著者であり、以下の論文において二重投稿など研究者倫理に反する事象は認められなかった。

1. 自動車板金修理における打刻手順から見る工程解析

池元茂、高井由佳、濱田泰以、桑原教彰

日本機械学会論文集, vol. 84, No. 864, 2018 [DOI:10.1299/transjsme, 17-00552]

2. Creation and Usability Evaluating of E-Learning Contents for Automobile Repair Block Painting

Shigeru Ikemoto, Yuka Takai, Hiroyuki Hamada, and Noriaki Kuwahara

International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 8, No. 12, 2017, pp. 333-337

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と有用性、さらに社会的に大きな価値があると認められた。